

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑬ 公開特許公報(A)

昭60-73413

⑪ Int. Cl.⁴

G 01 B 21/30
7/34
11/30

識別記号

1 0 1

庁内整理番号

7269-2F
8304-2F
8304-2F

⑭ 公開 昭和60年(1985)4月25日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 真円度測定方法

⑯ 特 願 昭58-182863

⑰ 出 願 昭58(1983)9月30日

⑱ 発 明 者 須 藤 勝 蔵 広島市西区観音新町4丁目6番22号 三菱重工業株式会社
広島研究所内
⑱ 発 明 者 島 筒 博 章 広島市西区観音新町4丁目6番22号 三菱重工業株式会社
広島研究所内
⑱ 発 明 者 石 川 肇 広島市西区観音新町4丁目6番22号 三菱重工業株式会社
広島研究所内
⑲ 出 願 人 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目5番1号
⑲ 出 願 人 菱 明 技 研 株 式 有 限 公 司 広島市西区観音新町4丁目6番22号
⑲ 復 代 理 人 弁 理 士 鈴 江 武 彦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

真円度測定方法

2. 特許請求の範囲

円形断面を有する被測定物の外周に表面凹凸を測定する3個以上の検出器をその検出感度方向が互いに所定角度をなし、かつ前記被測定物の中心近傍で交わるように配置し、前記被測定物を所定角度毎に回転してその都度被測定物の表面凹凸を前記検出器で測定し、前記被測定物の1回転にわたって得られた前記検出器の測定データを各測定点での真円度誤差の二乗平均値が最小となるように前記被測定物の回転運動に起因する測定誤差を補償して真円度形状を求めるようにしたことを特徴とする真円度測定方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、円筒状あるいは円柱状加工物等の真円度形状を測定する真円度測定方法に関する。

一般に、円形断面を有する被測定物の真円度の測定には、従来周知の半径法(最小二乗中心

法)が用いられている。この半径法は他の方法に比べて高精度の真円度測定が可能ではあるが、そのためには被測定物の回転に伴う変位誤差(例えば回転軸の振れ回り等)が十分に小さいという条件が必要である。このため、半径法を利用した真円度測定装置には回転軸の振れ回り等がない高精度の回転装置が要求されている。ところが、このような回転装置を製作することは技術的に困難であり、工作機上での適用には不向きであった。

本発明は上記の事情に鑑みなされたものであり、その目的は高精度の回転装置を必要とせず、工作機上での高精度な真円度測定が可能な真円度測定方法を提供することにある。

本発明は上記の目的を達成するために、円形断面を有する被測定物の外周に表面凹凸を測定する3個以上の検出器をその検出感度方向が互いに所定角度をなし、かつ前記被測定物の中心近傍で交わるように配置し、前記被測定物を所定角度毎に回転してその都度被測定物の表面凹

凸を前記検出器で測定し、前記被測定物の1回転にわたって得られた前記検出器の測定データを各測定点での真円度誤差の二乗平均値が最小となるように前記被測定物の回転運動に起因する測定誤差を補償して真円度形状を求めるようにしたことを特徴とするものである。

以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

先ず、本発明による被測定物の表面凹凸データの測定法について第1図を参照して説明する。同図において符号1は被測定物で、例えば円柱状加工物の軸直角断面を示している。また、符号A, B, Cは被測定物1の表面凹凸を測定する検出器で、これらの検出器A~Cはその検出感度方向が互いに所定角度 α をなし、かつ一点 O' (以下、測定中心と仮称する。)で交わるように被測定物1の外周に配置されている。また、図中点Oは幾学的な円からの真円度誤差の二乗平均値が最小となるような最小二乗中心円の中心であり、以下これを被測定物1の物体中心と

する。なお、ここでは物体中心Oと測定中心 O' とは一般的に一致しないことが多いので、あえて異なる位置に示している。

上記の構成により被測定物1の表面凹凸データを得るには、先ず図示せぬ回転駆動系により被測定物1を矢印で示す如く所定角度 α 毎に回転してその位置での表面凹凸を前記検出器A, B, Cによって測定する。そして、これを被測定物1の1回転にわたって測定し、表面凹凸データを得る。ここで、所定角度 α は被測定物1が1回転したときに前記検出器A, B, Cの各測定点が元の位置にくるように $360/\alpha = \text{整数}$ となる値に設定しておく。

このようにして得られた被測定物1の表面凹凸データは、被測定物1が図示せぬ回転軸を中心としてその回転軸が揺れ回りを起しながら回転するため、被測定物1の物体中心Oが回転に伴って測定中心 O' の近傍を移動することになり、各検出器A~Cでの測定値には被測定物1の真円度形状誤差に加えて偏心および揺れ回り等に

よる回転運動誤差が含まれている。従って、真の真円度形状を求めるためには各検出器A~Cでの測定値から回転運動に起因する誤差成分を除去する必要がある。

以下、その誤差成分の除去方法について第2図を参照して説明する。第2図は測定中のある瞬間での状態を示したものであり、物体中心Oが測定中心 O' に対して角度 θ_K 、距離 δ_K の位置にあるものとする。今、検出器Aが被測定物外周のK番目の位置($360/\alpha$ に分割したK番目の位置)にあるとすると、検出器B, Cはそれぞれ $K+1$ 番目、 $K+2$ 番目の位置にあることになる。ただし、この場合物体中心Oと測定中心 O' とのへだたりは、それによる変位検出器A~Cと被測定物1の接点の微小変化が問題とならないほどの大きさであると考えられる。そして、このときの各検出器A, B, Cでの測定値 D_{KA} , D_{KB} , D_{KC} はそれぞれ次のようになる。

$$D_{KA} = \delta \cdot \cos \theta \cdot \cos \alpha + X_K + d_A \quad (1)$$

$$D_{KB} = \delta \cdot \cos \theta + X_{K+1} + d_B \quad (2)$$

$$D_{KC} = \delta \cdot \cos \theta \cdot \cos \alpha + X_{K+2} + d_C \quad (3)$$

ただし、上式において X_K , X_{K+1} , X_{K+2} は被測定物1の外周上のK, $K+1$, $K+2$ 番目の位置の真円度形状誤差、 d_A , d_B , d_C は検出器A~Cの取付時のオフセットである。

次に、(1), (2), (3)式で与えられる検出器A, B, Cでの測定値を用いて合成測定値 Y_K を次式により計算すると、合成測定値 Y_K の中には回転運動誤差の影響成分(δ_K, θ_K)が含まれなくなる。

$$\begin{aligned} Y_K &= \left(-\frac{1}{2 \cdot \cos \alpha}\right) \cdot D_{KA} + D_{KB} + \left(-\frac{1}{2 \cdot \cos \alpha}\right) \cdot D_{KC} \\ &= -\frac{1}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot X_K + X_{K+1} - \frac{1}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot X_{K+2} \\ &\quad - \frac{1}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot d_A + d_B - \frac{1}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot d_C \\ &= C \cdot X_K + X_{K+1} + C \cdot X_{K+2} + d \end{aligned} \quad (4)$$

なお上式において

$$C = -\frac{1}{2 \cdot \cos \alpha} \quad (\text{既知の定数})$$

$$d = C \cdot d_A + d_B + C \cdot d_C \quad (\text{未知の一定値})$$

そして、(4)式より次の漸化式が得られる。

$$X_{k+2} = -\frac{1}{C} \cdot X_{k+1} - X_k + \frac{1}{C} Y_k - \frac{1}{C} \cdot d \quad (5)$$

($k=0, 1, 2, \dots, m-1$) 但し $m=360/\alpha$
 ここで、 X_0, X_1, d という値が定まれば、(5)式の漸化式から $X_2, X_3, \dots, X_{m-1}, X_m, X_{m+1}$ なる値が求まり、測定対象物 1 の周囲を $m(=360/\alpha)$ に分割した点での真円度誤差を求めることができる。(但し、 $X_m=X_0, X_{m+1}=X_1$)

今、測定開始位置 ($k=0$) での真円度形状誤差を 0 として考えるとすれば $X_0=0$ することができ、後は X_1 および d の値を求めればよい。(5)式において $X_0=0, X_1=0, d=0$ と仮定した場合の X_{k+2} を求め、それを C_{k+2} とすると次式のようになる。

$$C_{k+2} = -\frac{1}{C} \cdot C_{k+1} - C_k + \frac{1}{C} \cdot Y_k \quad (6)$$

(但し、 $C_0=C_1=0$)

ここで、(6)式で表わされる C_{k+2} を用いて、(4)式の漸化式は(7)式のように表わすことができる。

$$X_{k+2} = f(x, c) \cdot X_1 + g(x, c) \cdot d + C_{k+2} \quad (7)$$

但し、 $f(x, c)$ は漸化式

$$f(k+2, c) = -\frac{1}{C} \cdot f(k+1, c) - f(k, c) \quad (8)$$

$$(\text{但し } f(0, c) = -1/C, f(1, c) = 1/C^2 - 1)$$

と与えられる量であり、 $g(x, c)$ は漸化式

$$g(k+2, c) = -\frac{1}{C} g(k+1, c) - g(k, c) - \frac{1}{C} \quad (9)$$

$$(\text{但し } g(0, c) = -1/C, g(1, c) = (1/C^2 - 1/C))$$

と与えられる量である。

次に被測定物 1 の真円度誤差を各測定点での誤差の二乗平均値が最小になるような仮想円からのへだたりとしをとらえることにすれば、求べき真円度誤差を与える X_1, d は、最小二乗法を用いて、(8)式で得られる。

$$\sum (X_{k+2})^2 / \partial X_1 = \sum (X_{k+2})^2 / \partial d = 0 \quad (10)$$

そして、(8)式から、 d, X_1 はそれぞれ、

$$\begin{aligned} d &= \frac{\sum_{k=0}^n [f^2(x, c) \cdot g(x, c)] \cdot \sum_{k=0}^n [f(x, c) \cdot C_{k+2}] - \sum_{k=0}^n [g(x, c) \cdot C_{k+2}] \cdot \sum_{k=0}^n [f^2(x, c)]}{\sum_{k=0}^n [g^2(x, c)] \cdot \sum_{k=0}^n [f^2(x, c)] - \sum_{k=0}^n [f(x, c) \cdot g(x, c)] \cdot \sum_{k=0}^n [f(x, c) \cdot g(x, c)]} \quad (11) \\ X_1 &= \frac{\sum_{k=0}^n [f(x, c) \cdot g(x, c)] \cdot \sum_{k=0}^n [g(x, c) \cdot C_{k+2}] - \sum_{k=0}^n [g(x, c) \cdot C_{k+2}] \cdot \sum_{k=0}^n [f(x, c) \cdot g(x, c)]}{\sum_{k=0}^n [f^2(x, c)] \cdot \sum_{k=0}^n [g^2(x, c)] - \sum_{k=0}^n [f(x, c) \cdot g(x, c)] \cdot \sum_{k=0}^n [f(x, c) \cdot g(x, c)]} \quad (12) \end{aligned}$$

(但し $n=m-2$)

となる。そして、(10)式及び(11)式で求めた d 及び X_1 を(7)式に代入することによって、真円度形状誤差 X_{k+2} ($k=0, 1, 2, \dots, n$) を求めることができる。

このように本実施例においては、3個の検出器 A, B, C によって被測定物 1 の 1 回転にわたってその表面凹凸を測定し、それらの測定データを演算処理することによって回転運動に起因する測定誤差を補償して真円度形状を求めるようにしたので、被測定物 1 の据付時における歪み及び真円度測定時の回転軸の揺れ回りが無視できないような、実際の工作機上での円筒状及び円柱状の加工物の真円度形状測定に応用できる。

なお、上記実施例では被測定物 1 の表面凹凸データを得るのに 3 個の検出器を用いたが、4 個以上の検出器を用いても実施可能である。また、上記検出器は接触式、非接触式のどちらでもよい。

以上述べたように本発明によれば、円形断面

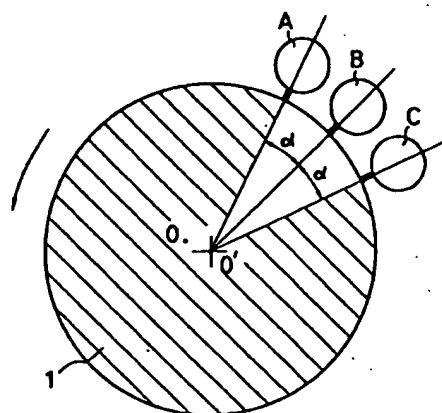
を有する被測定物の外周に表面凹凸を測定する3個以上の検出器をその検出感度方向が互いに所定角度をなし、かつ前記被測定物の中心近傍で交わるように配置し、前記被測定物を所定角度毎に回転してその毎度被測定物の表面凹凸を前記検出器で測定し、前記被測定物の1回転にわたって得られた前記検出器の測定データを各測定点での真円度誤差の二乗平均値が最小となるように前記被測定物の回転運動に起因する測定誤差を補償して真円度形状を求めるようにしたので、高精度の回転装置を必要とせず、工作機上での高精度な真円度測定が可能な真円度測定方法を提供できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は本発明の一実施例を示す図で、第1図は被測定物と検出器との位置関係を示す図、第2図は測定中の状態を示す図である。

1…被測定物、A、B、C…検出器。

第 1 図



第 2 図

